

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра транспорта и дорожного строительства

Ю.Д. Силуков

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Методические указания
для курсового и дипломного проектирования
по расчету токсичных выбросов на автостоянках
для студентов очной и заочной форм обучения
специальности 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы» и
подготовки бакалавров и магистров
по направлению 270100 «Строительство»

Екатеринбург
2011

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛИФ.
Протокол № 89 от 26 октября 2010 г.

Рецензент – канд. техн. наук доцент А.А. Чижов

Редактор Р.В. Сайгина
Оператор компьютерной верстки Г.И. Романова

Подписано в печать 25.04.11		Поз. 1
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 50 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,93	Цена 5 руб. 40 коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный транспорт является одним из крупнейших загрязнителей окружающей среды, губительно действующим на здоровье людей, растений и животных. Это полностью относится к автомобильным стоянкам, на которых автомобили перемещаются, а их двигатели прогреваются и работают на холостом ходу, выделяя при этом токсичные выбросы.

Нужно принимать меры по защите окружающей стоянки территории от вредных автомобильных выбросов. Для этого необходимо рассчитывать концентрацию токсичных выбросов от автомобилей на автостоянке.

Этому важному вопросу и посвящено данные учебно-методические указания.

1. РАСЧЕТ ТОКСИЧНЫХ ВЫБРОСОВ НА АВТОСТОЯНКЕ

Концентрацию токсичных выбросов на автостоянке нужно знать, чтобы обезопасить водителей автомобилей и окружающие стоянку жилые и служебные здания от вредных веществ, отрицательно влияющих на здоровье людей.

Токсичные выбросы возникают во время движения автомобилей по автостоянке (выезд, въезд), прогреве двигателей и их работе на холостом ходу.

1.1. Интенсивность токсичных выбросов

Интенсивность токсичных выбросов во время движения автомобилей по автостоянке определяют по следующей формуле:

для бензовозных (карбюраторных) двигателей

$$q_k = 2,06 \cdot 10^{-4} Q_k \alpha N_k K_k, \quad (1)$$

где q_k – интенсивность выброса токсичного вещества автомобилями с бензиновыми двигателями, г/мс;

Q_k – расход топлива во время движения одного автомобиля с бензиновым двигателем по автостоянке, л/км;

α – коэффициент, учитывающий во сколько раз меньше или больше 1000 м проезжает один автомобиль по стоянке (например, если автомобиль проезжает по стоянке 500 м, то $\alpha=0,5$);

K_k – коэффициент, учитывающий тип двигателя и компонент загрязнения (табл. 1);

N_k – количество автомобилей с бензиновыми двигателями, выезжающих (въезжающих) с площади в течение одного часа, авт/ч;

для дизельных двигателей

$$q_d = 2,4 \cdot 10^{-4} Q_d \alpha N_d K_d, \quad (2)$$

где q_d – интенсивность выброса токсичного вещества автомобилями с дизельными двигателями, г/мс;

Q_d – расход топлива во время движения одного автомобиля с дизельным двигателем по автостоянке, л/км;

K_d – коэффициент, учитывающий тип двигателя и компонент загрязнения (для дизельных двигателей и выбросов NO_x (табл. 1));

N_d – количество автомобилей с дизельными двигателями, выезжающих (въезжающих) с площади в течение одного часа, авт/ч.

Таблица 1

Вид токсичных веществ	Тип двигателя	
	Карбюраторный, K_k	Дизельный, K_d
Оксид углерода	1	0,14
Углеводороды	0,122	0,037
Оксид азота	0,01	0,015

Расход топлива Q , л/км, при движении автомобиля по автостоянке определяется по формуле:

$$Q = a \frac{F_k l}{\eta_{ог} \eta_{тр} H \gamma 10^3}, \quad (3)$$

где F_k – касательная сила тяги, реализуемая на колесах автомобиля, Н;

l – пробег автомобиля по автостоянке, (принимается $l=1000$ м, т.е. для 1 километра), м;

$\eta_{дв}$ – КПД двигателя (0,27 – 0,43);

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии (0,85);

H – удельная теплоотводная способность топлива, кДж/кг ($H=42600$ кДж/кг);

γ – плотность топлива, кг/л (бензин $\gamma=0,740$ кг/л; дизельное топливо $\gamma=0,875$ кг/л);

a – коэффициент, для грузовых автомобилей $a=0,5$, легковых $a=1$.

1.2. Концентрация токсичных выбросов над автостоянкой

Концентрацию токсичных выбросов над автостоянкой от движения автомобилей определяем по модели гауссовского распределения [1]:

$$C = \frac{2q}{\sigma U \sqrt{2\pi}}, \quad (4)$$

где C – концентрация данного токсичного вещества над автостоянкой, г/м³;

q – интенсивность токсичных выбросов;

σ – стандартное отклонение гауссовского рассеяния в вертикальном направлении над автостоянкой, м; (табл. 2);

$\pi=3,14$;

U – скорость ветра над автостоянкой, м/с.

Направление и скорость ветра над площадкой автостоянки рассматриваются относительно ее вертикальной и горизонтальной осей. Сначала чертится роза ветров (рис. 1), на которую накладываются оси площадки (автомобили двигаются по площадке по вертикальной и горизонтальной осям (рис. 2).

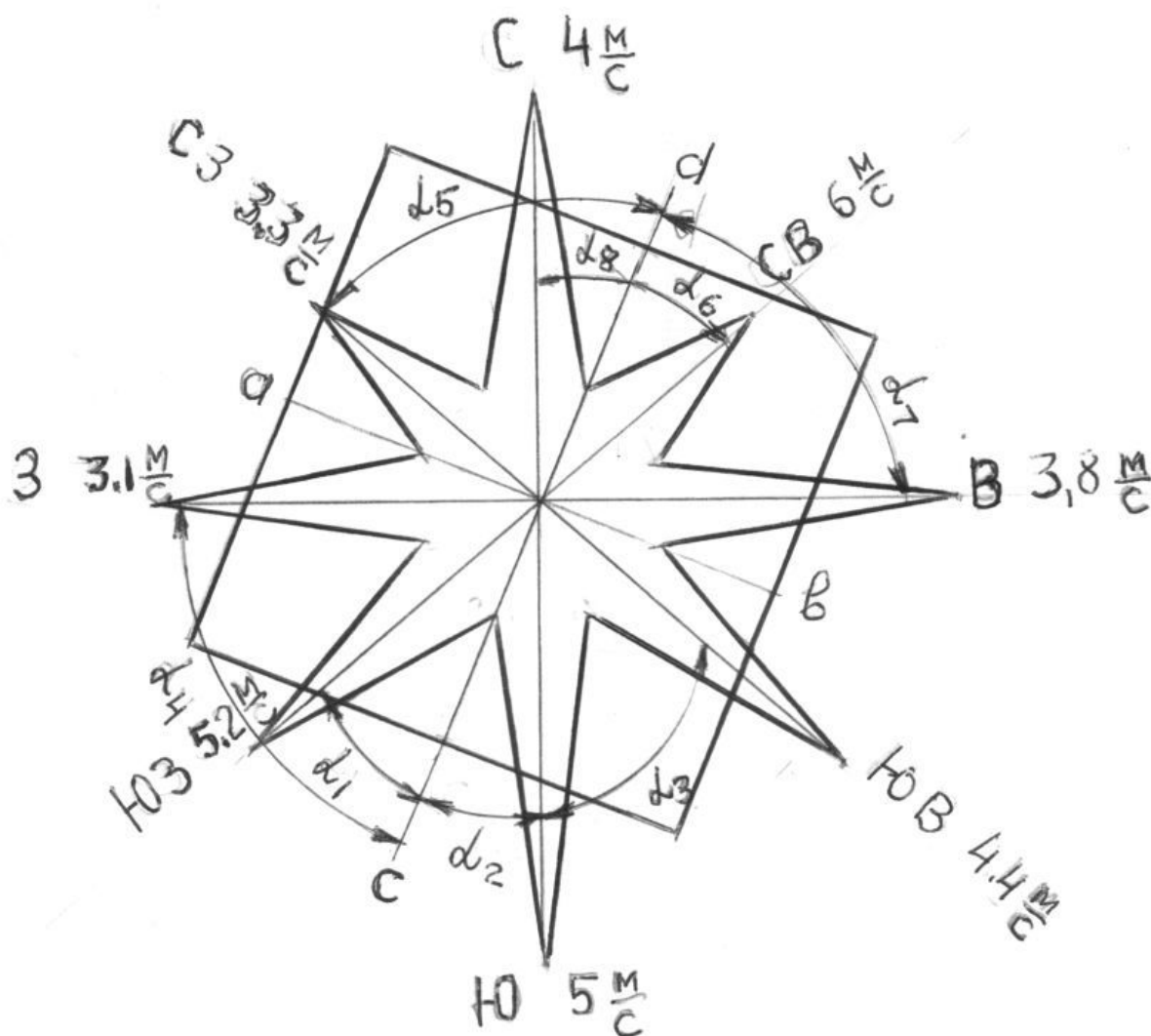


Рис. 1. Роза ветров с нанесенным контуром автостоянки

Устанавливается угол α между направлениями ветра и осью площадки. Далее скорость ветра V , м/с, умножается на $\sin \alpha$ ($U = V \cdot \sin \alpha$).

На рис. 1 показан контур автостоянки $abcd$, нанесенный на розу ветров. Вертикальная ось площадки cd , горизонтальная ab .

Слева от вертикальной оси (рис. 1) откладываются токсичные вещества под действием ветров, дующих справа от оси: с юга «Ю» под углом α_2 , с «ЮВ» под углом α_3 ; с «В» под углом α_7 и с «СВ» под углом α_6 .

На розе ветров показаны скорости ветра. Зная значения углов, под которыми дуют ветры по отношению к вертикальной оси, можно подсчитать значение U для формулы (4) ($U = V \cdot \sin \alpha$).

Стандартное отклонение рассеяния токсичных выбросов над стоянкой σ находят из табл. 2.

Считаем, что на автостоянку автомобили ставятся на ночь, поэтому принимаем значения σ для ночной радиации при ясном небе (табл. 2).

Стандартное отклонение гауссовского рассеяния σ над автостоянкой в зависимости от удаления от центра площадки можно определить по табл. 2.

Таблица 2

Время суток	Удаление от дороги, м				
	10	20	40	60	80
Днем солнечная радиация:					
сильная	2	4	6	8	12
слабая (облачно)	1	2	4	6	8
Ночью:					
облачно	0,3	0,6	1	1,8	2,5
ясно	0,1	0,2	0,4	0,8	1

1.3. Пример расчета

Подсчитать концентрацию токсичных выбросов над автостоянкой, если:

- 1) размеры автостоянки 50х50 м;
- 2) вместительность площадки 48 машин;
- 3) уклон площадки 40‰;
- 4) автомобили размещаются перпендикулярно горизонтальной оси площадки;
- 5) размеры стояночного места, м:

легковые	4,5х2,5
грузовые	8,0х3,5
грузовые с прицепами и автобусы	12,5х3,5
- 6) количество автомобилей:

легковые с бензиновым двигателями	– 28 шт.
грузовые с прицепами, без прицепов и автобусы (дизельное топливо)	– 20 шт.
- 7) роза ветров и размещение автостоянки показано на рис. 1
- 8) коэффициент $\alpha=0,2$.

Порядок расчета

1. Вычисляем расход топлива при движении автомобилей:
для грузовых с прицепами (дизельное топливо)

$$Q_d = a \frac{F_k l}{\eta_{ос} \eta_{мп} H \gamma 10^3}.$$

Касательная сила тяги F_k

$$F_k = G(f_0 + i),$$

где G – вес автомобиля, Н;

f_0 – коэффициент сопротивления качению (для асфальтобетона $f_0=0,020$);

i – уклон площадки стоянки автомобилей (по условиям задачи $i=0,040$).

Вес груженого грузового автомобиля с прицепом 250000 Н, тогда

$$F_k = 250000(0,020 + 0,040) = 15000 \text{ Н.}$$

Вычисляем расход топлива

$$Q = 0,5 \frac{15000 \cdot 1000}{0,73 \cdot 0,85 \cdot 42600 \cdot 0,875 \cdot 10^3} = 0,55 \text{ л/км.}$$

2. Определяем интенсивность токсичных выбросов для дизельных автомобилей по формуле (2):

$$q = 2,4 \cdot 10^{-4} Q_d \alpha N_d K_d ;$$

$$q = 2,4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,55 \cdot 0,2 \cdot 20 \cdot 0,015 = 0,000008 \text{ г/мс.}$$

3. Вычисляем концентрацию токсичных выбросов над автостоянкой по формуле (4):

$$C = \frac{2q}{\sigma U \sqrt{2\pi}}.$$

Рассчитываем токсичные выбросы, которые откладываются слева от вертикальной оси cd от ветров, дующих справа от оси.

На рис. 1 видно, что справа от вертикальной оси дуют ветры с юга «Ю», «ЮГ», «В» и «СВ» со скоростью соответственно $U_{ю}=2,88$; $U_{юв}=4,13$; $U_{в}=3,42$; $U_{св}=3$ м/с ($U=V \cdot \sin \alpha$), тогда на расстоянии 10 м слева от оси ($\sigma=0,1$ м) концентрация NO_x будет:

$$C_{ю} = \frac{0,00002}{0,1 \cdot 2,88 \cdot \sqrt{2 \cdot 3,14}} = 0,000027 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,027 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{юв} = \frac{0,00002}{0,1 \cdot 4,13 \cdot \sqrt{2 \cdot 3,14}} = 0,000019 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,019 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{в} = \frac{0,00002}{0,1 \cdot 3,42 \cdot \sqrt{2 \cdot 3,14}} = 0,000023 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,023 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{св} = \frac{0,00002}{0,1 \cdot 3 \cdot \sqrt{2 \cdot 3,14}} = 0,000026 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,026 \text{ мг/м}^3;$$

Всего концентрация окиси азота NO_x слева от вертикальной оси на расстоянии 10 м:

$$C_{10} = C_{ю} + C_{юв} + C_{в} + C_{св} = 0,027 + 0,019 + 0,023 + 0,026 = 0,052 \text{ мг/м}^3.$$

Аналогично считаем для расстояния 20 м слева от вертикальной оси стоянки ($\sigma=0,20$).

Получаем:

$$C_{\text{ю}}=0,013 \text{ мг/м}^3; C_{\text{юв}}=0,010 \text{ мг/м}^3; C_{\text{в}}=0,012 \text{ мг/м}^3; C_{\text{св}}=0,013 \text{ мг/м}^3.$$

Всего концентрация NO_x слева от вертикальной оси автостоянки на расстоянии 20 м: ($\sigma=0,20$)

$$C_{20}=0,013+0,010+0,012+0,013=0,048 \text{ мг/м}^3.$$

Концентрация NO_x слева от вертикальной оси на расстоянии 40 м ($\sigma=0,40$):

$$C_{40}=0,007+0,005+0,006+0,007=0,025 \text{ мг/м}^3.$$

Аналогично считаем концентрацию окиси азота NO_x , которая будет справа от вертикальной оси стоянки. Она получается от ветров, дующих с «ЮЗ», «З», «СЗ» и «С» со скоростью соответственно $U_{\text{юз}}=3,33$, $U_{\text{ю}}=2,94$, $U_{\text{сз}}=3,51$, $U_{\text{с}}=2$ м/с. На расстоянии 10 м справа от вертикальной оси концентрация NO_x ($\sigma=0,1$):

$$C_{10}=0,024+0,027+0,022+0,040=0,113 \text{ мг/м}^3.$$

Концентрация NO_x справа от вертикальной оси на расстоянии 40 м ($\sigma=0,4$):

$$C_{40}=C_{\text{юз}}+C_{\text{з}}+C_{\text{св}}+C_{\text{с}}=0,006+0,007+0,005+0,01=0,028 \text{ мг/м}^3.$$

Полученные значения концентрации NO_x над автостоянкой слева и справа от вертикальной оси площадки сведем в табл. 3.

Таблица 3

Концентрация NO_x , мг/м ³	Расстояние от вертикальной оси, м		
	10	20	40
слева от вертикальной оси стоянки	0,052	0,048	0,025
справа от вертикальной оси стоянки	0,113	0,056	0,028

Из табл. 3 следует, что концентрация окиси азота NO_x над автостоянкой в средней ее части превышает предельно допустимое значение ($\text{ПДК}=0,04 \text{ мг/м}^3$).

Ближе к краям площадки на расстоянии 25 м (справа) и 15 м (слева) от вертикальной оси концентрация NO_x достигает ПДК ($0,04 \text{ мг/м}^3$), и становится менее опасной для водителей и обслуживающего автостоянку персонала.

В рассматриваемом примере по ширине площадки в пределах 40 м ($15+25$ м) или 80% концентрация NO_x превышает допустимые значения. Это наблюдается во время въезда и выезда с площадки автомобилей. В это

время обслуживающему персоналу не следует находиться на территории стоянки, а водителям после установки автомобиля следует быстро уходить с площадки.

В нашем примере токсичные выбросы NO_x за пределами стоянки не превышают ПДК и не оказывают существенного влияния на здоровье людей, работающих вблизи расположенных зданий.

На рис. 2 по результатам табл. 3 построен график изменения концентрации окиси азота NO_x на автостоянке справа и слева от вертикальной оси площадки.

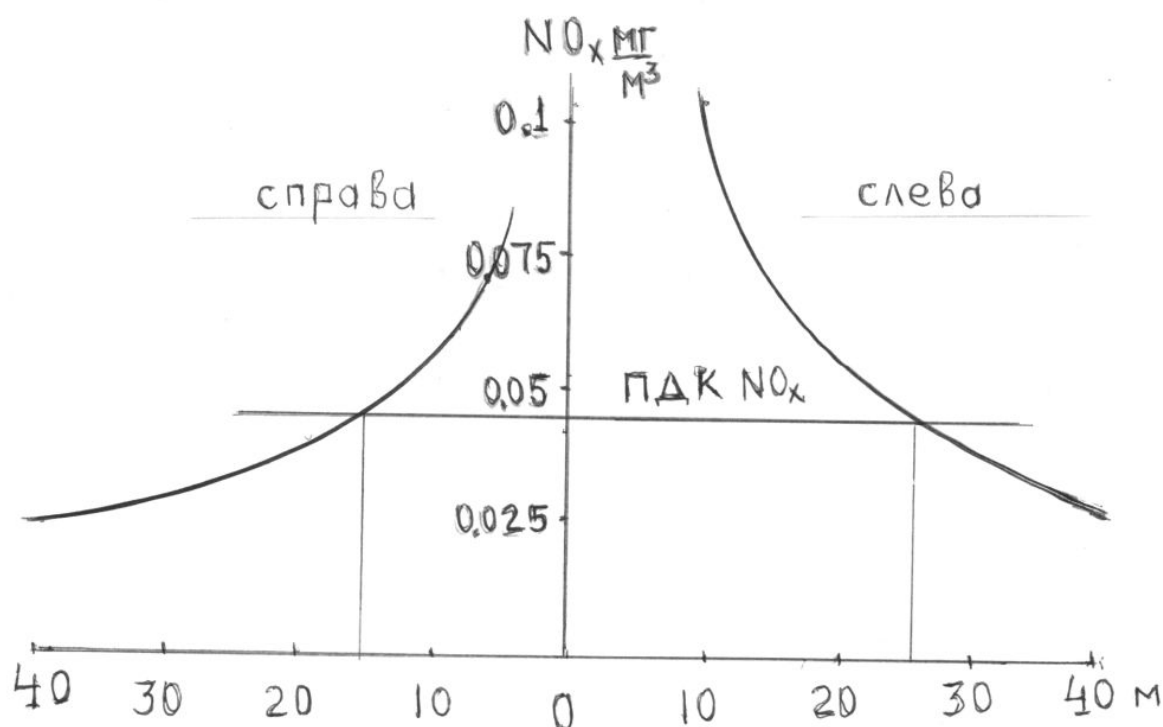


Рис. 2. Изменение концентрации окиси азота NO_x над автостоянкой справа и слева от вертикальной оси площадки

Из графика (рис. 2) следует, что концентрация окиси азота над стоянкой автомобиля в центре площадки достигает существенных значений, превышающих предельно допустимую концентрацию NO_x в 2 раза.

1.4. О загазованности автостоянки во время подогрева двигателей машин

Перед тем как выехать со стоянки водители прогревают двигатели автомобилей. Летом на прогрев мотора требуется 3-5 мин., а зимой 7 мин. и более.

Во время прогрева двигателей из выхлопной трубы автомобиля выделяются токсичные вещества.

Используя данные работы [2] можно установить процент токсичных веществ, выбрасываемых в воздух над стоянкой при прогреве двигателя, по сравнению с выбросами, образующимися при движении автомобиля по площадке. В результате установлено, что во время прогрева двигателя в атмосферу выбрасывается на 30-40% токсичных веществ (NO_x) меньше, чем при езде автомобиля.

В нашем примере это составит в 10 м от вертикальной оси стоянки количество выбросов составит $0,024 \text{ мг/м}^3$; на расстоянии 20 м – $0,015 \text{ мг/м}^3$; в 40 м – $0,008 \text{ мг/м}^3$. При прогреве двигателей выбросы NO_x существенно ниже предельно допустимой концентрации ($0,040 \text{ мг/м}^3$) и меньше влияют на загрязнение окружающей среды, чем при езде машины по стоянке.

На стоянке кроме грузовых еще находятся 28 легковых автомобилей с бензиновыми двигателями. Эти двигатели по сравнению с дизельными выделяют при работе большое количество окиси углерода.

Влияние легкового транспорта на экологическую безопасность стоянки устанавливаем по выбросам окиси углерода. Для чего считаем выбросы СО по методике, аналогичной расчету выбросов NO_x , выполненному выше.

1.5. О размещении автомобилей на стоянке

Принятое в нашем примере размещение автомобилей на автостоянке размером 50х50 м показано на рис. 3. На схеме видно, что все автомобили сначала проезжают вдоль вертикальной оси площадки, а затем следуют к месту своей стоянки. В верхней части стоянки находятся грузовые автомобили с прицепами длиной 12,5 м. Они заезжают на стоянку первыми и размещаются под номерами 1 – 10. Во время их размещения стоянка еще свободна от других машин и у автопоездов нет препятствий для свободного проезда к своему месту.

Затем на площадку заезжают одиночные грузовые автомобили длиной до 8 м и размещаются на местах под номерами 11 – 20.

Последними заезжают на стоянку легковые автомобили и размещаются на местах стоянки под номерами 21 – 48.

Во время выезда с автостоянки сначала выезжают грузовые автомобили с прицепами очередностью №5 – 6, затем 4 – 7; 3 – 8; 2 – 9 и 1 – 10. После этого покидают площадку одиночные грузовые автомобили, перед ними свободное пространство (автопоезда уехали) и они беспрепятственно уезжают со стоянки. Затем уезжают легковые автомобили.

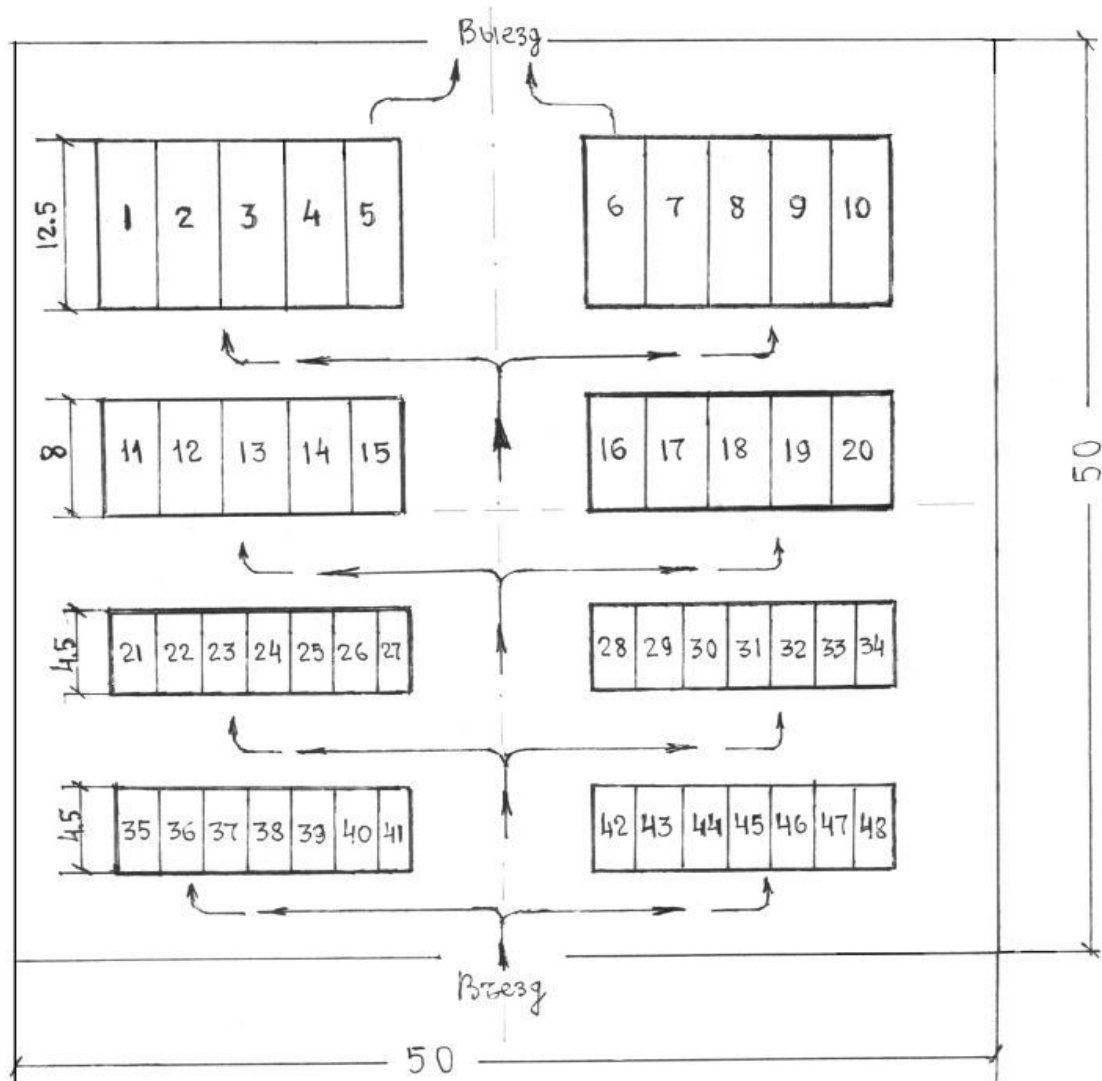


Рис. 3. Схема автостоянки с размещением автомобилей: места
 № 1 – 10 – для грузовых автомобилей с прицепами;
 с № 11 – 20 для одиночных грузовых автомобилей;
 с № 21 – 48 для легковых автомобилей

2. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТОКСИЧНЫХ ВЫБРОСОВ НАД АВТОСТОЯНКОЙ

Чтобы получить разрешение на открытие стоянки, необходимо санитарным службам представить расчет количества выбрасываемых в атмосферу токсичных веществ.

Токсичные выбросы над автостоянкой рассчитываются по следующей формуле:

$$M_i = [(m_{\text{пр}} t_{\text{пр}} + m_{\text{д}} l + m_{\text{хх}} t_{\text{хх}})] \text{ КА} \cdot 10^{-6},$$

где M_i – выброс i -го вещества в год, т/год;

$m_{\text{пр}}$ – удельный выброс i -го вещества при прогреве двигателя, г/мин;

$t_{\text{пр}}$ – время прогрева двигателя, мин;

$m_{\text{д}}$ – удельный выброс i -го вещества при движении автомобиля, г/км;

l – пробег автомобиля по территории стоянки, км;
 m_{xx} – удельный выброс i -го вещества при работе двигателя на холостом ходу, г/мин;
 t_{xx} – время работы двигателя на холостом ходу, мин;
 K – среднее количество автомобилей, выезжающих со стоянки за сутки, шт.;
 A – количество дней работы стоянки в год, дни/год.

2.1. Пример расчета

Данные для расчета:

- 1) на стоянке находятся грузовые автомобили грузоподъемностью 2–5т;
- 2) тип стоянки: открытая;
- 3) среднее количество автомобилей, выезжающих в течение суток со стоянки – 10;
- 4) пробег автомобиля по стоянке – 0,2 км;
- 5) время работы на холостом ходу на стоянке – 2 мин;
- 6) время прогрева двигателя по периодам года:
 - теплый период – 3 мин.
 - переходный период – 5 мин.
 - холодный период – 7 мин.
- 7) количество рабочих дней по периодам:
 - теплый период – 100 дней;
 - переходный период – 65 дней;
 - холодный период – 17 дней, из них при температуре
 - 5 до - 10⁰С – 12 дней;
 - 15 до - 20⁰С – 5 дней;
 - 20 до - 25⁰С – 0 дней;
 - ниже – 25⁰С – 0 дней.

Удельные выбросы токсичных веществ, необходимые для расчета, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Удельные выбросы токсичных веществ

Выхлопы	CO	NO _x	SO ₂	C _(сажа)	P _b	CH
<u>Теплый период:</u>						
Прогрев двигателя, г/мин	1,9	0,5	0,07	0,02	0,0	0,3
Пробег, г/км	3,5	2,6	0,39	0,2	0,0	0,7
Холостой ход, г/мин	1,5	0,5	0,07	0,02	0,0	0,25
<u>Переходный период:</u>						
Прогрев двигателя, г/мин	2,8	0,7	0,07	0,07	0,0	0,5
Пробег, г/км	3,8	2,6	0,44	0,27	0,0	0,7
Холостой ход, г/мин	1,5	0,5	0,07	0,02	0,0	0,25
<u>Холодный период:</u>						
Прогрев двигателя, г/мин	3,1	0,7	0,08	0,08	0,0	0,6
Пробег, г/км	4,3	2,6	0,5	0,3	0,0	0,8
Холостой ход, г/мин	1,5	0,5	0,07	0,02	0,0	0,25

Расчет ведется на примере окиси углерода CO.

Расчет токсичных выбросов:

Теплый период

$$M = [(1,9 \cdot 3 + 3,5 \cdot 0,2 + 1,5 \cdot 2)] \cdot 10 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,0094 \text{ т/год или } 9,4 \text{ кг/год.}$$

Переходный период

$$M = [(2,8 \cdot 5 + 3,8 \cdot 0,2 + 1,5 \cdot 2)] \cdot 10 \cdot 65 \cdot 10^{-6} = 0,0115 \text{ т/год или } 11,5 \text{ кг/год.}$$

Холодный период

$$M = [(3,1 \cdot 7 + 4,3 \cdot 0,2 + 1,5 \cdot 2)] \cdot 10 \cdot 17 \cdot 10^{-6} = 0,0041 \text{ т/год или } 4,1 \text{ кг/год.}$$

Токсичных выбросов в холодный период получилось меньше, чем в теплый и переходный периоды.

Это объясняется тем, что в условии задачи принят холодный период, равный 17 дням, а теплый и переходный равный 165 дням. Это возможно для районов с очень короткой зимой.

Фактически для средней полосы количество холодных дней зимой (январь, февраль, декабрь) равно 90 дням.

Если принять холодный период 90 дней, то

$$M = 0,021 \text{ т/год или } 21 \text{ кг/год.}$$

Аналогично выполняется расчет для NO_x, SO₂, C, CH₄.

Затем токсичные выбросы суммируются и получается общее загрязнение воздушной среды над автомобильной стоянкой в год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Силуков Ю.Д. Экологическая безопасность на автомобильных дорогах: учеб. пособие. Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. 173 с.
2. Проведение инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий: метод. указ. М., 1998.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Расчет токсичных выбросов на автостоянках.....	3
1.1. Интенсивность токсичных выбросов.....	3
1.2. Концентрация токсичных выбросов над автостоянкой.....	4
1.3. Пример расчета.....	6
1.4. О загазованности автостоянки во время прогрева двигателей машин.....	9
1.5. О размещении автомобилей на стоянке.....	10
2. Расчет количества токсичных выбросов над автостоянкой.....	11
2.1. Пример расчета.....	12
Библиографический список.....	13



Ю.Д. Силуков

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Екатеринбург

2011